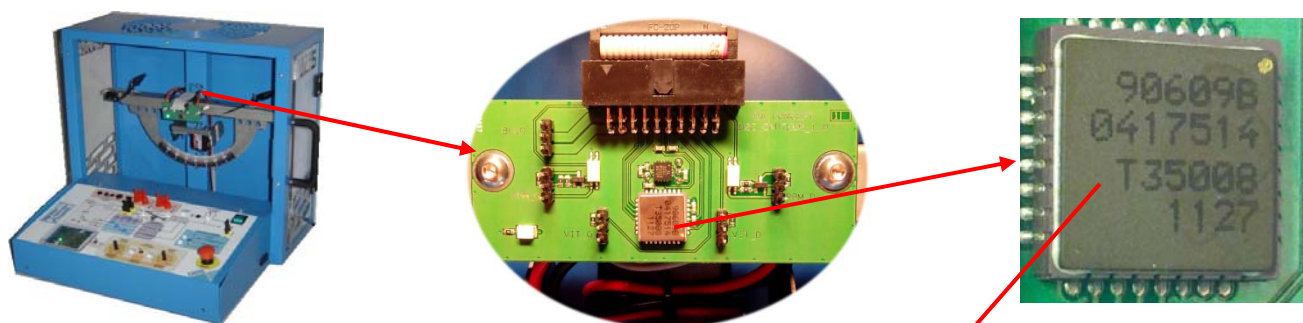


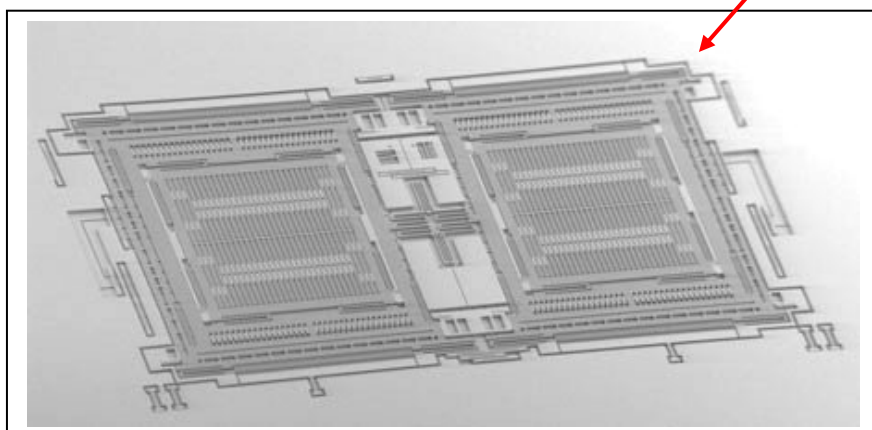
Fiche d'information : « le capteur de vitesse angulaire » ou « Gyromètre »

1- Situation du gyromètre sur le drone didactique D<sup>2</sup>C



2- Constitution du Gyromètre MLX 90609 de Melexis

Il se compose de puces de silicium : principalement pour l'élément de mesure et le circuit d'interprétation. Le coeur de l'élément de mesure dans sa structure n'est reconnaissable qu'au microscope ; il s'agit d'un ensemble de peignes capacitifs réalisés en technologie de silicium micro-usiné (MEMS)

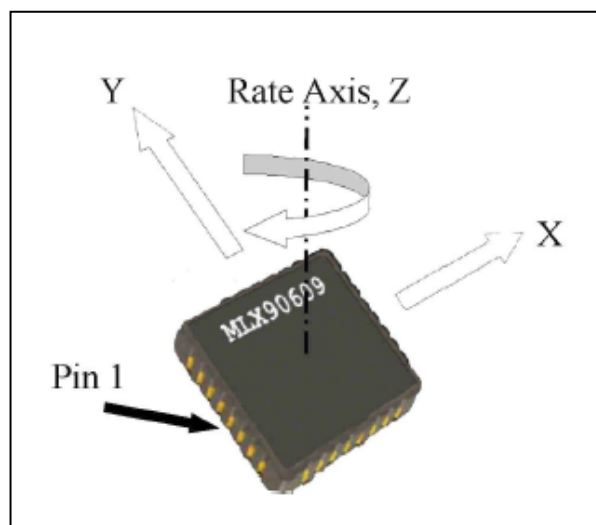


3- principe de la mesure sur un axe :

3-1 L'axes de mesure fixé par le constructeur :

Sur le Gyromètre MLX 90609 la mesure de vitesse s'effectue autour d'un axe nommé Z qui est perpendiculaire au plan de montage de la puce :

**Nota :** la rotation indiquée autour de l'axe Z est de sens trigo < 0 (donc de sens horaire > 0).

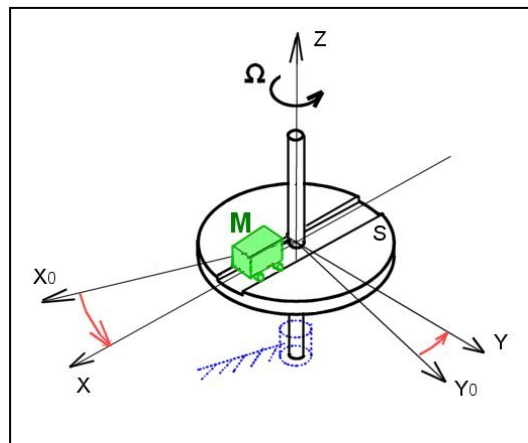


### 3-2 l'accélération de Coriolis

La mesure de la vitesse angulaire repose sur une observation des accélérations de Coriolis.

Très schématiquement, l'effet de Coriolis (ou accélération de Coriolis) se manifeste par l'accélération tangentielle subie par un corps en mouvement évoluant dans un milieu en rotation.

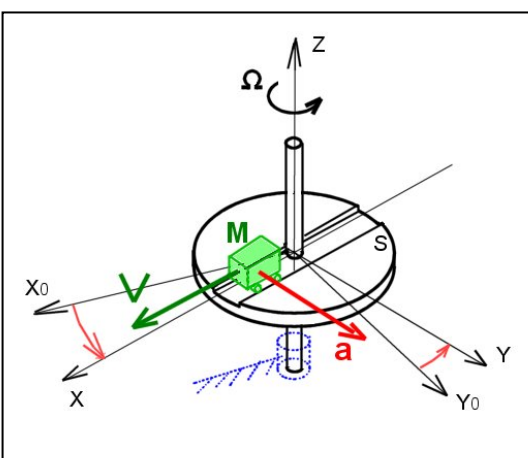
Considérons un mobile  $M$  qui possède une possibilité de mouvement radial (selon la direction  $X$ ) par rapport à un solide  $S$ , lui-même en rotation d'axe  $Z$ , à la vitesse angulaire  $\Omega$  par rapport à un support fixe  $O$ .



Les lois de la mécanique qui s'appliquent à ce mobile  $M$ , permettent de mettre en évidence le fait que lorsqu'il se déplace radialement à la vitesse  $V$  par rapport à  $S$  (dans la direction  $X$ ), il subit une accélération «  $a$  » dite « accélération de Coriolis » qui s'exerce dans la direction  $Y$ .

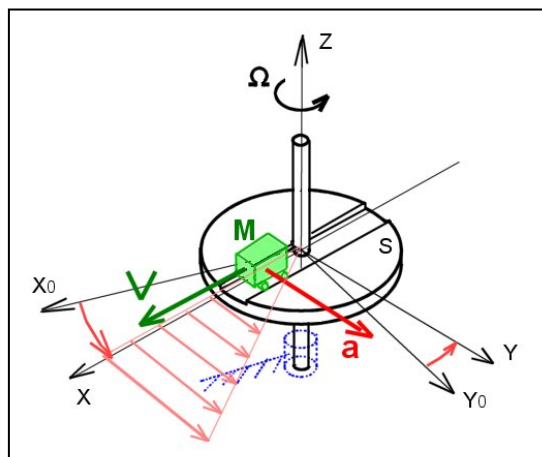
**La valeur de cette accélération est :  $a = 2 \cdot \Omega \cdot V$**

Le principe de la mesure de vitesse angulaire est le suivant : En mesurant «  $a$  » (par exemple avec un accéléromètre), si l'on connaît «  $V$  », alors on peut en déduire la vitesse angulaire  $\Omega$ .

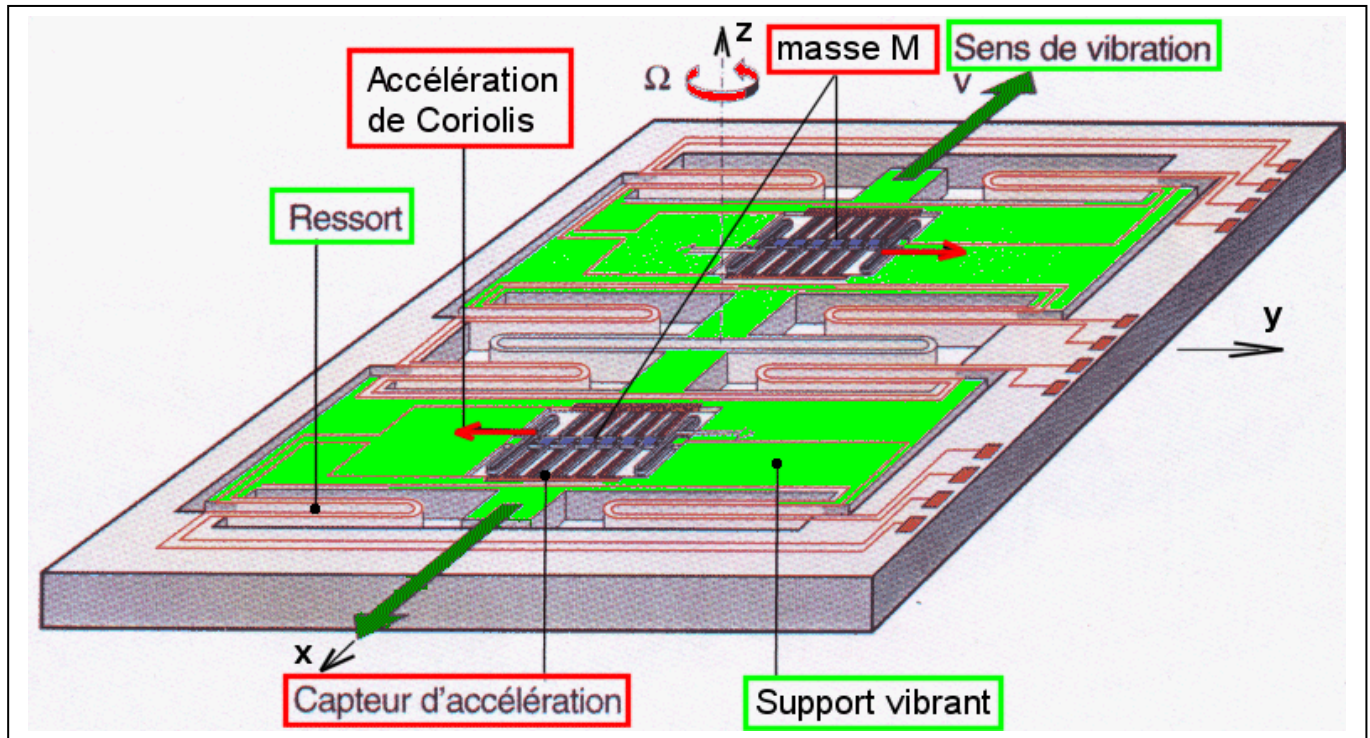


Nota 1 : Il existe aussi une accélération dite « centrifuge » qui s'exerce dans la direction  $X$ , et qu'il n'est pas nécessaire de prendre en compte dans cette explication.

Nota 2 : une explication intuitive de cette accélération de Coriolis peut être fournie en considérant que le mobile doit subir une vitesse tangentielle de plus en plus importante lorsqu'il s'éloigne de l'axe de rotation ; donc pendant son déplacement à la vitesse  $V$  dans la direction  $X$ , il doit accélérer selon la direction  $Y$ .



### 3-3 application au cas du gyromètre micro-usiné à peignes (MEMS)



Sur le croquis ci-dessus, deux capteurs d'accélération micro-usinés sont utilisés et placés dans la direction de mesure Y ; leur masse sismique M constitue l'élément soumis à l'accélération de Coriolis.

Pour réaliser la mise en mouvement de ces masses dans la direction X, ces accéléromètres ont été installés sur un ensemble « support vibrant » qui se translate à une vitesse V ; cette vitesse V est variable, mais connue à chaque instant.

La relation «  $a = 2 \cdot \Omega \cdot V$  » s'applique toujours, mais les grandeurs a et V sont des grandeurs qui évoluent de manière sinusoïdale, ce qui nécessite un traitement électronique compliqué pour obtenir la valeur de la vitesse angulaire  $\Omega$ .



## 4- Analysons les grandeurs d'entrée-sortie,

Un extrait (page 6) de la fiche technique est proposé ci-dessous ;

Les valeurs importantes concernant la version R2 choisie pour le drone didactique sont entourées :

### 4. MLX90609 Sensor Specific Specifications

DC Operating Parameters  $T_A = -40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{DD} = 4.75\text{V}$  to  $5.25\text{V}$  (unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Output Full Scale (on OUTAR pin)	$FS_{OUT} = U_{OUT,\Omega\max} - U_{OUT,\Omega\min}$			4		V
				1920		LSB
Full Scale Range	$FS_{in}$	Factory set for N2 version		$\pm 75$		$^{\circ}/s$
		Factory set for E2 version		$\pm 150$		
		Factory set for R2 version		$\pm 300$		
Linearity <sup>Note 2</sup>		Output, best fit based			$\pm 0.5$	% $FS_{OUT}$
Initial Scale Factor (sensitivity)	$S_0 = \frac{FS_{OUT}}{FS_{IN}}$	Data are given for N2, E2 and R2 versions respectively and according to the Full Scale Range Setting. At $25^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD}=5\text{V}$ .		26.67		$\text{mV}/^{\circ}/\text{sec}$
				13.33		
				6.67		
				12.8		LSB/ $^{\circ}/\text{sec}$
				6.4		
				3.2		
Scale Factor drift (sensitivity drift) <sup>Note 1</sup>		$-40...+85^{\circ}\text{C}$ temperature range, supply voltage variation included	-5		5	% $S_0$
Zero Rate Output (Bias)	ZRO	at $25^{\circ}\text{C}$ , $V_{DD}=5\text{V}$		2.5		V
				1008		LSB
Zero Rate Temperature drift (Bias drift) <sup>Note 1</sup>		$-40...+85^{\circ}\text{C}$ temperature range, $V_{DD}=5\text{V}$	-5	0	5	% $FS_{OUT}$
Zero Rate Supply Drift		$4.75...5.25\text{V}$ at $25^{\circ}\text{C}$		250		$\text{mV}/\text{V}$
				120		LSB/V
Bandwidth (-3 dB) <sup>Note 2</sup>		Selectable by external capacitor (section 6)			75	Hz
FLT to OUTAR capacitor value <sup>Note 2</sup>		7 Hz Bandwidth (-4.5 to -1 dB)		100 $\pm 5\%$		nF
Output Noise power spectral density		At $25^{\circ}\text{C}$		0.03		$^{\circ}/\text{sec}/\sqrt{\text{Hz}}$
Angular Rate Cross-sensitivity for $0x, 0y$ <sup>Note 2</sup>		for a full-scale angular rate along $0x, 0y$		1	2	% $FS_{OUT}$

### On y lit :

- pleine échelle : + ou - 300  $^{\circ}/s$
- sensibilité : 6,67  $\text{mV}/^{\circ}/s$
- sortie à vitesse nulle : 2,5 V